Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 4, Winter 2024, p. 501-515

The Effect of Different Organic and Chemical Fertilizers and their Combined Application on the Quantity and Quality Characteristics and Yield of Tomato

A. Aryanfar[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], E. Ebrahimi[3]

1- M.Sc. Student of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Research Fellow, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural and Environtmental Sciences, University of Rostock, Germany
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

Received: 16 June 2023 Revised: 16 July 2023 Accepted: 18 July 2023	**How to cite this article:** Aryanfar, A., Rezvani Moghaddam, P., & Ebrahimi, E. (2024). The Effect of Different Organic and Chemical Fertilizers and their Combined Application on the Quantity and Quality Characteristics and Yield of Tomato. *Iranian Journal of Field Crops Research, 21*(4), 501-515. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82967.1256

Introduction

Long-term use of chemical fertilizers can cause many adverse effects. In addition, excessive consumption of chemical fertilizers can lead to decreased food safety and low quality of vegetables, such as the accumulation of nitrates in plants. Today, using organic fertilizers is an efficient way to achieve sustainable agricultural development. The release rate of nutrients from organic fertilizers is slow and hardly exceeds the absorption capacity of plants compared to chemical fertilizers.

Materials and Methods

To compare the effect of chemical and organic fertilizers on the quantitative and qualitative traits of tomatoes in field conditions, an experiment was conducted in the cropping year of 2020-2021 in a randomized complete blocks design with three replications in the research farm of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Experimental treatments included: 1- biochar (8 $t.ha^{-1}$), 2- animal manure (30 $t.ha^{-1}$), 3- vermicompost (25 $t.ha^{-1}$), 4- NPK chemical fertilizer (225 $kg.ha^{-1}$ urea, 150 $kg.ha^{-1}$ phosphorus fertilizer and 150 $kg.ha^{-1}$ potassium sulfate), 5- 50% biochar + 50% animal manure, 6- 50% biochar + vermicompost, 7-50% animal manure + 50% vermicompost, 8- 50% biochar + 50% NPK, 9- 50% animal manure + 50% NPK, 10- 50% animal manure + 50% NPK, 11- 25% biochar + 25% animal manure + 25% vermicompost + 25% NPK and 12- control. The harvesting operation was carried out in two cutting. Five plants were randomly selected in each plot, and traits such as fruit size, length, and diameter were measured. Also, total yield, Brix index, vitamin C, and lycopene were measured in both cuttings.

Results and Discussion

In the first and second cutting, the highest fruit volume was obtained in the treatment of NPK chemical fertilizer (80.5 cm^{-3}) and the combined use of NPK chemical + animal manure (131 cm^{-3}), respectively. In the first cutting, the maximum fruit length was reported in the treatment of NPK chemical fertilizer (5.61 cm), and the second cutting, in the combined application of NPK chemical fertilizer + animal manure (7.16 cm) that compared to the control (4.73 cm) had a longer fruit length of 51%. The largest fruit diameter was observed in the NPK chemical fertilizer treatment (5.01 cm), which was 16% more than the control (4.31 cm). On the other hand, in the second cutting, the largest fruit diameter was shown in the combined application of chemical NPK + manure (5.54 cm). In the first cutting and the total of both cuttings, the highest yield was observed in the treatment of NPK chemical fertilizer (39.6 and 70.5 $t.ha^{-1}$, respectively), while in the second cutting, the highest

https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82967.1256

yield was obtained in the combined treatment of NPK chemical fertilizer + animal manure. (32.8 $ton.ha^{-1}$). The results showed that using organic fertilizers individually and combinatorial compared to NPK chemical fertilizers had more Brix index, vitamin C, and lycopene. The highest amount of Brix index in first and second cutting (6.55 and 7.13, respectively), vitamin C (12.9 and 11.4 mg.100 g $sample^{-1}$, respectively), and lycopene (2.48 and 2.25 mg.100 g $sample^{-1}$, respectively) in the combined treatment of animal manure + vermicompost. Since the elements in the chemical fertilizer are released faster than the elements of other fertilizers and are available to the plant, therefore, by increasing the initial growth of the plant and as a result of improving its flowering potential, the total yield increased, in particular in the first cutting, where the superior treatment was the NPK chemical fertilizer. Further, due to the gradual release of organic fertilizer elements, the combined treatment of chemical and organic fertilizers increased the yield. On the other hand, organic matter plays an important role in soil fertility and performance. The rare elements in organic matter can meet the needs of soil microorganisms, enhance microbial activities, affect soil-microorganism interactions, and indirectly affect crop quality.

Conclusion

The use of organic fertilizer, when combined with chemical fertilizer, can enhance both the qualitative and quantitative characteristics of tomatoes. By substituting a portion of chemical fertilizer with organic fertilizer, not only can yield be improved, but it's also possible to reduce the consumption of costly chemical fertilizers. This approach aligns with sustainable agricultural goals by optimizing the use of organic fertilizers.

Keywords: Biochar, Brix index, Tomatoes, Vermicompost, Vitamin C

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢، ص ٥١٥-٥٠١

تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی و کاربرد ترکیبی آن‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی گوجه‌فرنگی

امیرعلی آریان فر[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، احسان ابراهیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷

چکیده

امروزه به‌دلیل اثرات مضر کودهای شیمیایی، تمایل به استفاده از کودهای آلی مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو به‌منظور مقایسه تأثیر کودهـای شیمیایی و آلی بر صفات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل بیوچار، ورمی‌کمپوست، کود دامی (گاوی)، کود شیمیایی NPK و ترکیبی از کودهای فوق بود. نتایج نشان داد بیشترین میزان صفات طول (۵/۳۳ سانتی‌متر چین اول و ۷/۱۶ سانتی‌متـر در چـین دوم)، قطر (۵/۰۱ سانتی‌متر چین اول و ۵/۵۴ سانتی‌متر چین دوم) و حجم (۸۰/۵ سی‌سی چین اول و ۱۳۱ سی‌سی چین دوم) گوجه‌فرنگی در چـین اول در تیمار کود شیمیایی NPK به‌دست آمد در حالی‌که در چین دوم بیشترین میزان این صفات در تیمار کود ترکیبی NPK + کود دامی بود. همچنین در چین اول و مجموع هر دو چین، بیشترین میزان عملکرد در تیمار کود شیمیایی NPK (به‌ترتیب ۳۹/۶ و ۷۰/۵ تن در هکتار) مشـاهده شـد در حـالی در چین دوم، بیشترین عملکرد در تیمار ترکیبی کود شیمیایی NPK + کود دامی (۳۲/۸ تن در هکتار) به‌دست آمد. از سوی دیگر، تیمار ترکیبی کود دامی+ ورمی‌کمپوست دارای خصوصیات کیفی شاخص بریکس (۶/۵۵ و ۷/۱۳ به‌ترتیب در چین اول و دوم)، ویتامین ث (۱۲/۹ و ۱۱/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گـرم نمونه به‌ترتیب در چین اول و دوم) و لیکوپن (۲/۴۸ و ۲/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه به‌ترتیب در چین اول و دوم) بیشتری نسبت به تیمارهـای کـود شیمیایی و شاهد بود. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که در کشت مزرعه‌ای گوجه‌فرنگی با به‌کار بردن ترکیبی از کودهـای شـیمیایی همـراه بـا کودهای آلی، علاوه‌بر ایجاد عملکرد مطلوب کمی و بهبود خصوصیات کیفی، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف کودهای شیمیایی حاصل خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، شاخص بریکس، لیکوپن، ورمی‌کمپوست، ویتامین ث

مقدمه

رژیم غذایی سالم برای پیشگیری از بیماری‌های مزمن مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و پوکی استخوان و همچنین در جهت بهبود سطح آنتی‌اکسیدان‌ها و کنترل وزن بدن ضروری است (Ali *et al*., 2021). کاهش سطح لیکوپن سرم یا پلاسما مرتبط با افزایش خطر سرطان می‌شود که گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) و مشتقات آن نه تنها دارای ارزش غذایی بالایی هستند، بلکه دارای خواص آنتی‌اکسیدانی (Salehi *et al*., 2019)، ضد التهابی و ضد سرطانی هستند (Gao *et al*., 2023). علاوه بر این، گوجه‌فرنگی یکی از سبزیجاتی است که به‌طور گسترده کشت می‌شود (Serio, Ayala, Bonasia, & Santamaria, 2006). بیش از ۱۸۰ میلیون تن گوجه‌فرنگی در سراسر جهان تولید می‌شود که به‌دلیل ترکیبات عملکردی آن مانند لیکوپن، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پروتئین‌ها برای یک رژیم غذایی سالم و متعادل ضروری است (Tilesi, Lombardi, & Mazzucato, 2021).

استفاده از کودهای شیمیایی در حال حاضر یکی از متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده در کشاورزی فشرده است (Da Costa *et al*., 2013; Adesemoye & Kloepper, 2009) با این حال،

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- استادیار پژوهشی، گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی و محیطی، دانشگاه روستک، آلمان
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82967.1256

استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی می‌تواند اثرات منفی بسیاری ایجاد کند. به‌عنوان مثال، بیشتر مواد مغذی اضافه شده به خاک توسط گیاهان جذب نمی‌شود. مطالعات نشان داده است که بیش از ۵۰ درصد از نیتروژن و ۹۰ درصد از فسفر در کودهای شیمیایی در فضا یا منابع آب از دست می‌رود (Simpson *et al.*, 2011) و منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای، اتروفیکاسیون آب و سایر مسائل زیست‌محیطی می‌شود (Blanco-Canqui & Schlegel, 2013; Bai, Suter, Lam, Sun, & Chen, 2014; Lam, Suter, Mosier, & Chen, 2017). علاوه بر این، مصرف بیش از حد کود شیمیایی می‌تواند منجر به کاهش ایمنی غذا و کیفیت پایین سبزیجات، مانند تجمع نیترات در گیاهان شود (Hu, Ma, Li, & Wang, 2022). امروزه استفاده از کودهای آلی روشی کارآمد برای دست‌یابی به توسعه پایدار کشاورزی است. سرعت رهاسازی مواد مغذی کودهای آلی کند است و به سختی از ظرفیت جذب گیاهان در مقایسه با کودهای شیمیایی فراتر می‌رود (Guo *et al.*, 2017).

کودهای آلی محتوای مواد مغذی کمی دارند و میزان رهاسازی مواد مغذی آن‌ها به شرایط آب و دمای خاک بستگی دارد. استفاده از کودهای آلی نه تنها خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (Maguire *et al.*, 2020; Janusauskaite & Ciuberkis, 2010)، حاصلخیزی خاک و ظرفیت ذخیره آب خاک (Beeby, Moore, Taylor, & Nderitu, 2020; Mi *et al.*, 2016) را بهبود می‌بخشد، بلکه می‌تواند رشد رویشی و زایشی گیاه را به‌طور موثر ارتقا دهد (Ali *et al.*, 2022; Mohamed, Shohba, Abou-Taleb, Abbas, & Soliman, 2018). در نتیجه کیفیت گیاه را بهبود می‌بخشد (Madrid, Barba, Sanchez, & Garcia, 2009). گزارش شده است که مصرف کود دامی عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب ۴۳ و ۲۳ درصد افزایش داد، به‌ویژه پروتئین محلول را ۱۲۴ درصد و اسید قابل تیتراسیون را ۱۱۸ درصد (Tao *et al.*, 2022) افزایش داد. بنابراین، استفاده از کودهای آلی می‌تواند میزان مصرف کودها را بهبود بخشد. اثرات مثبت کاربرد انواع کودهای آلی در گیاهان مختلف بررسی شده و مورد تاکید قرار گرفته است. اسنپ و همکاران (Snapp, Nyiraneza, Otto, & Kirk, 2013) گزارش کردند که با اضافه کردن کود آلی به خاک عملکرد محصول در کوتاه‌مدت و حاصلخیزی خاک در بلندمدت بهبود می‌یابد. یانگا و همکاران (Yanga, Zhaoa, Changa, Li, & Li, 2015) با مقایسه اثر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon sculentum* L.) گزارش کردند که کود ورمی‌کمپوست با افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک (از جمله اسید فسفاتاز و اوره‌آز) باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی و به دنبال آن بهبود عملکرد و کیفیت میوه شده است.

با این حال، مطالعات زیادی در مورد تجزیه و تحلیل کیفی عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی انجام شده است و تنها چند مطالعه به بررسی اثرات کمی کودهای آلی بر عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی تحت مواد آلی مختلف پرداخته‌اند. بنابراین، هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه گوجه‌فرنگی با استفاده از کودهای آلی، شیمیایی NPK و ترکیب کودهای شیمیایی و آلی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و هشت دقیقه شمالی شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- بیوچار (Bio) (هشت تن در هکتار)، ۲- کود دامی از منبع گاوی (Man) (۳۰ تن در هکتار)، ۳- ورمی‌کمپوست (Ver) (۲۵ تن در هکتار)، ۴- کود شیمیایی NPK (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)، ۵- ۵۰ درصد بیوچار + ۵۰ درصد کود دامی، ۶- ۵۰ درصد بیوچار + ورمی‌کمپوست، ۷- ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۸- ۵۰ درصد بیوچار + ۵۰ درصد NPK، ۹- ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد NPK، ۱۰- ۵۰ درصد کود دامی + ۵۰ درصد NPK، ۱۱- ۲۵ درصد بیوچار + ۲۵ درصد کود دامی + ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست + ۲۵ درصد NPK و ۱۲- شاهد بود.

پیش از اجرای آزمایش، به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌طور تصادفی نمونه‌گیری و پس از مخلوط کردن آن‌ها به‌منظور تعیین میزان ماده آلی، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil chemical and physical characteristics of the experimental site

Soil texture	Available nitrogen (%)	P (mg.kg^{-1})	K (mg.kg^{-1})	pH	EC (dS m^{-1})	OC (%)	OM (%)
لوم (Loam)	0.05	6.4	242	8.06	1.16	0.59	1.01

همچنین نتایج آزمایش کود دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر کودهای مورد استفاده در تیمارها بر اساس آنالیز بیوچار، ورمی‌کمپوست، کود دامی، نیاز گیاه و مقدار اولیه نیتروژن خاک تعیین شده است. بیوچار مورد استفاده برای این آزمایش با تجزیه در اثر حرارت پوسته برنج در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در کارخانه زغال چوب تولید شد. از سوی دیگر، کود اوره در سه مرحله و کود فسفره و پتاس قبل از کشت به زمین اضافه شد.

جدول ۲- تجزیه شیمیایی کود دامی، بیوچار و ورمی‌کمپوست

Table 2- Chemical decomposition of animal manure, biochar, and vermicompost

Sample specifications	pH	EC (dS m^{-1})	O.C (%)	O.M (%)	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	O (%)	C/N	CEC (cmol.kg^{-1})
Biochar	8.3	*	*	*	0.3	*	*	47.6	9.3	147.5	41.7
Vermicompost	7.16	2.34	20.9	35.9	1.54	1.92	0.751	*	*	*	*
Manure	*	*	10.5	*	1.11	*	*	*	*	*	*

جهت عملیات آماده‌سازی زمین در تاریخ اوایل اردیبهشت ۱۳۹۹ با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار زمین شخم و سپس یک مرحله دیسک و در مرحله آخر از دستگاه سیکلوتیلر استفاده شد. همچنین جوی و پشته با فاروئر انجام پذیرفت. کودهای هر تیمار در هر کرت به‌صورت دستی پاشیده و سپس به‌وسیله بیل و شن کش با خاک مخلوط شد. ابعاد هر کرت ۶ × ۳ متر و در هر کرت پنج ردیف کشت صورت پذیرفت. فاصله بین هر کرت یک ردیف نکاشت بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۱۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر نشاء ۳۰ سانتی‌متر بود. نشاءها در تاریخ ۲۰ اردیبهشت در دو طرف پشته‌ها در مزرعه کشت شد. رقم مورد کاشت KAKI-628 بود که با توجه به تحقیقات میدانی رقم مورد استفاده بیشتر کشاورزان منطقه بوده است. پس از کاشت، آبیاری به‌صورت نشتی و دور آبیاری هفت روزه انجام گرفت. خاک‌دهی پای بوته در ۱۳ خرداد اعمال شد. همچنین عملیات وجین در تاریخ هشتم تیرماه صورت پذیرفت.

عملیات برداشت در دو چین و در تاریخ ۱۳ و ۳۰ مرداد در زمانی‌که ۷۰-۸۰ درصد میوه روی بوته‌ها رسیده بودند انجام گرفت. در هر چین، پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر حجم میوه (برای اندازه‌گیری حجم میوه، از روش حجم آب جابه‌جاشده در بشر استفاده گردید)، طول و قطر میوه اندازه‌گیری شد. طول و قطر میوه با استفاده از کولیس (مدل آسیمتو ۳۰۱ ساخت سوئیس) تعیین شد. شاخص شکل میوه از نسبت طول میوه به قطر آن به‌دست آمد. برای تعیین عملکرد کل، در هر کرت یک ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر در انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه حذف و سطح باقی‌مانده عملکرد میوه تعیین شد.

در پایان هر چین، تعداد ۱۰ میوه از هر تیمار در هر تکرار، به‌طور جداگانه، به‌منظور تعیین شاخص بریکس (Brix index) به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه ابتدا آب‌میوه‌های هر تیمار به‌طور جداگانه توسط دستگاه آبمیوه‌گیری گرفته و سپس عدد بریکس آن‌ها توسط دستگاه رفرکتومتر قرائت شد.

پس از برداشت هر دو چین، به منظور تعیین ویتامین ث و لیکوپن میوه، مقدار ۵۰۰ گرم میوه از هر تیمار در هر تکرار برداشت و به‌طور جداگانه به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس با استفاده از روش مستوفی و نجفی (Mostofi & Najafi, 2008) میزان ویتامین ث و لیکوپن آن‌ها تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و MS-Excel انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

حجم میوه، طول میوه، قطر میوه و شاخص شکل میوه

تجزیه واریانس صفات نشان داد در هر دو چین کودهای مختلف تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر حجم میوه داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد کود شیمیایی و ترکیب کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودهای جداگانه و ترکیبی آلی دارای حجم میوه بیشتری بودند. در چین اول، بیشترین حجم میوه (۸۰/۵ سی‌سی) در تیمار کود شیمیایی NPK مشاهده شد که نسبت به شاهد (۴۵/۶ سی‌سی) به‌میزان ۷۷ درصد بیشتر بود. همچنین، بعد از کود شیمیایی NPK، کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی و شیمیایی NPK + ورمی‌کمپوست دارای بیشترین میزان حجم میوه (به‌ترتیب ۷۳/۹ و ۷۱/۱ سی‌سی) بودند. از سوی دیگر، در چین دوم، بیشترین حجم میوه (۱۳۱ سی‌سی) در کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی مشاهده شد که نسبت به شاهد (۸۰ سی‌سی) به‌میزان ۶۴ درصد دارای حجم میوه بیشتری بود. همانند چین اول، در چین دوم نیز استفاده جداگانه شیمیایی NPK و ترکیب با کودهای آلی دارای بیشترین میزان حجم میوه بود (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس کودهای مختلف آلی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی و عملکرد گوجه‌فرنگی در چین اول

Table 3- Analysis of the variance of different organic and chemical fertilizers and their combination on the quantity, quality characteristics, and yield of tomatoes in the first harvest

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (Mean Squares)							
		حجم میوه Fruit volume	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	شاخص شکل میوه Fruit shape index	عملکرد Yield	شاخص بریکس Brix index	ویتامین ث Vitamin C	لیکوپن Lycopene
بلوک Block	2	8.65^{ns}	0.042^{ns}	0.086^{ns}	0.001^{ns}	67.4*	0.609*	1.19^{ns}	0.249^{ns}
کود Fertilizer	11	359**	0.234*	0.123*	0.001^{ns}	69.6**	0.558**	1.39*	0.424**
خطا Error	22	56.6	0.100	0.044	0.006	13.3	0.158	0.553	0.108
C.V.		11.8	6.2	4.5	7.3	12.5	6.9	6.3	16.8

ns, *, ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns, *, **: non-significant, significant at % 0.05 and % 0.01, respectively

جدول ٤- اثر کودهای مختلف آلی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی و عملکرد گوجه‌فرنگی در چین دوم

Table 4- The effect of different organic and chemical fertilizers and their combination on - tomatoes' quantity and quality characteristics and yield in the second harvest

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (Mean Squares)							
		حجم میوه Fruit volume	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	شاخص شکل میوه Fruit shape index	عملکرد Yield	شاخص بریکس Brix index	ویتامین ث Vitamin C	لیکوپن Lycopene
بلوک Block	2	8.05^{ns}	0.039^{ns}	0.034^{ns}	0.00006^{ns}	85.8**	0.398^{ns}	3.36^{ns}	0.249^{ns}
کود Fertilizer	11	856**	1.01*	0.182**	0.0126^{ns}	39**	0.445**	9.88**	0.467**
خطا Error	22	143	0.363	0.054	0.016	7.31	0.130	1.61	0.094
C.V.		10.8	9.9	4.4	11.0	10.4	5.4	14.0	18.0

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns, *, **: non-significant, significant at p = 0.05 and p = 0.01, respectively

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، در هر دو چین کودهای مختلف تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر طول میوه داشتند (جدول ۳ و ۴). نتایج نشان داد کود شیمیایی و ترکیب کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودهای جداگانه و ترکیبی آلی دارای طول میوه بیشتری بودند. در چین اول، بیشترین طول میوه (۵/۶۱ سانتی‌متر) در تیمار کود شیمیایی NPK مشاهده شد که نسبت به شاهد (۴/۵۰ سانتی‌متر) به‌میزان ۲۵ درصد بیشتر بود. همچنین، بعد از کود شیمیایی NPK، کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی و شیمیایی NPK + ورمی‌کمپوست دارای بیشترین میزان طول میوه (به‌ترتیب ۵/۳۳ و ۵/۳۰ سانتی‌متر) بودند. از سوی دیگر، در چین دوم، بیشترین طول میوه (۷/۱۶ سانتی‌متر) در کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی مشاهده شد که نسبت به شاهد (۴/۷۳ سانتی‌متر) به‌میزان ۵۱ درصد دارای طول میوه بیشتری بود. همانند چین اول، در چین دوم نیز استفاده جداگانه شیمیایی NPK و ترکیب با کودهای آلی دارای بیشترین میزان طول میوه بود (جدول ۵).

تجزیه واریانس صفات نشان داد در چین اول ($p \leq 0.05$) و چین دوم ($p \leq 0.01$) کودهای مختلف تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر قطر میوه داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد کود شیمیایی و ترکیب کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودهای جداگانه و ترکیبی آلی دارای قطر میوه بیشتری بود. در چین اول، بیشترین قطر میوه (۵/۰۱ سانتی‌متر) در تیمار کود شیمیایی NPK مشاهده شد که نسبت به شاهد (۴/۳۱ سانتی‌متر) به‌میزان ۱۶ درصد بیشتر بود. از سوی

دیگر، در چین دوم، بیشترین قطر میوه (۵/۵۴ سانتی‌متر) در کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی گزارش شد که نسبت به شاهد (۴/۶۱ سانتی‌متر) به‌میزان ۲۰ درصد دارای قطر میوه بیشتری بود. همچنین، بعد از کاربرد ترکیبی شیمیایی NPK + کود دامی، شیمیایی NPK + بیوچار (۵/۴۹ سانتی‌متر) و شیمیایی NPK + ورمی‌کمپوست (۵/۴۵ سانتی‌متر) دارای بیشترین میزان قطر میوه بود. همانند چین اول، در چین دوم نیز استفاده جداگانه شیمیایی NPK و ترکیب با کودهای آلی دارای بیشترین میزان قطر میوه بود (جدول ۵).

جدول ۵- اثر کودهای مختلف بر تعداد و وزن میوه گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای مختلف کودی در دو چین

Table 5- The effect of different fertilizers on the number and weight of tomato fruits under different fertilizer treatments in two harvest stages

کودهای مختلف Different fertilizers	حجم میوه Fruit volume (cm^{-3})	طول میوه Fruit length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	شاخص بریکس Brix index
چین اول (First harvest)				
Bio	47.8	4.82	4.38	5.61
Man	53.3	4.95	4.63	6.03
Ver	55.0	5.01	4.56	6.08
NPK	80.5	5.61	5.01	5.16
Bio + Man	61.1	5.08	4.64	5.79
Bio + Ver	68.9	5.18	4.77	6.05
Bio + NPK	67.2	5.11	4.71	5.46
Man + Ver	69.4	5.24	4.78	6.55
Man + NPK	73.9	5.33	4.90	5.72
Ver + NPK	71.1	5.30	4.84	5.61
Bio + Man + Ver + NPK	69.4	5.20	4.65	6.02
Control	45.6	4.50	4.31	5.59
LSD (5%)	12.7	0.536	0.354	0.673
چین دوم (Second harvest)				
Bio	84.5	5.85	5.09	6.40
Man	109	6.07	5.33	6.81
Ver	101	5.91	5.15	6.74
NPK	129	6.61	5.42	6.45
Bio + Man	111	6.05	5.24	6.91
Bio + Ver	96.6	5.78	5.24	6.58
Bio + NPK	121	6.37	5.49	6.61
Man + Ver	118	5.74	5.29	7.13
Man + NPK	131	7.16	5.54	6.69
Ver + NPK	127	6.34	5.45	6.69
Bio + Man + Ver + NPK	119	6.18	5.33	6.91
Control	80.0	4.73	4.61	4.99
LSD (5%)	20.3	1.02	0.394	0.61

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، کودهای مختلف شیمیایی و آلی در هر دو چین تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص شکل میوه نداشت (جدول ۳ و ۴).

پلجرو و همکاران (Pellejero *et al.*, 2021) در آزمایش خود بیان کردند که عرض میوه گوجه‌فرنگی (۵۶/۲ میلی‌متر) بالاترین مقادیر را برای تیمار بیشترین دز کمپوست داشت، که تفاوت بسیار معنی‌داری در مقایسه با شاهد عدم استفاده از کود داشت. همچنین بیشترین مقدار طول میوه را در تیمار با بالاترین دز کمپوست با مقدار ۶۸ میلی‌متر گزارش دادند. از سوی دیگر این محققین بیان کردند که تیمار شیمیایی- با طول میوه ۶۱ میلی‌متر- با بالاترین سطح کمپوست تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بودت آنتومارچی و همکاران (Boudet Antomarchi, Boicet Fabre, Duran Ricardo, & Merino Hernandez, 2017) نتایج مشابهی را برای عرض و طول میوه با بالاترین مقادیر مشاهده‌شده در هنگام استفاده از کود آلی برای گوجه‌فرنگی به‌دست آوردند. مشخص شد که رشد گوجه‌فرنگی عمدتاً توسط در دسترس بودن نیتروژن هدایت می‌شود (Tei, Benincasa, & Guiducci, 2002). کودهای آلی مواد مغذی را کندتر از کودهای معدنی به‌خصوص در مرحله رشد اولیه آزاد می‌کنند (Farneselli *et al.*, 2018). علاوه بر این، بالاترین عملکرد و مواد مغذی موجود برای رشد محصول با استفاده از کودهای آلی همراه با کودهای معدنی

نیتروژن حاصل می‌شود (Ding *et al*., 2012). همچنین گزارش شده است که عناصر کمیاب موجود در مواد آلی می‌توانند نیازهای میکروارگانیسم‌های خاک را برآورده کنند، فعالیت‌های میکروبی را تقویت کنند، بر تعامل خاک و میکروارگانیسم تأثیر بگذارند (Hoffland, Kuyper, Comans, & Creamer, 2020) و به‌طور غیرمستقیم بر رشد و کیفیت محصول تأثیر بگذارند.

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد کودهای مختلف در هر دوچین تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر عملکرد گوجه‌فرنگی داشتند (جدول‌های ۳، ۴ و ۶). کود شیمیایی به‌صورت جداگانه و ترکیب کود شیمیایی با کودهای آلی نسبت به استفاده جداگانه و ترکیبی کودهای آلی دارای عملکرد بیشتری بودند. در چین اول و مجموع هر دو چین، بیشترین میزان عملکرد (به‌ترتیب ۳۹/۶ و ۷۰/۹ تن در هکتار) در تیمار کود شیمیایی NPK مشاهده شد در حالی در چین دوم، بیشترین عملکرد (۳۲/۸ تن در هکتار) در تیمار ترکیبی کود شیمیایی NPK + کود دامی به‌دست آمد که در هر سه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۷۷، ۶۹ و ۶۹ درصد عملکرد بیشتری مشاهده شد. در مجموع هر دو چین، بعد از کاربرد کود شیمیایی NPK، کاربرد ترکیبی کود شیمیایی NPK + دامی و شیمیایی NPK + ورمی‌کمپوست دارای بیشترین عملکرد گوجه‌فرنگی (به‌ترتیب ۳۴/۸ و ۳۲/۸ تن در هکتار) بود. از سوی دیگر، بعد از تیمار شاهد (۲۰/۹ تن در هکتار)، تیمار کودهای جداگانه بیوچار (۲۵/۴ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۲۶/۴ تن در هکتار) و دامی (۲۶/۹ تن در هکتار) دارای کمترین میزان عملکرد بودند. همچنین می‌توان گفت استفاده ترکیبی بیوچار با کود دامی، ورمی‌کمپوست و شیمیایی NPK نسبت به دیگر ترکیبات کودی دارای کمترین میزان عملکرد بود (شکل ۱).

عملکرد گوجه‌فرنگی با افزایش ماده آلی خاک و استفاده از کود شیمیایی افزایش یافت. از آن‌جایی که عناصر موجود در کود شیمیایی نسبت به عناصر سایر کودها زودتر آزاد شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، لذا با افزایش رشد اولیه گیاه و در نتیجه بهبود قدرت گلدهی آن عملکرد کل افزایش یافته است به‌خصوص در چین اول که بهترین تیمار کود، کود شیمیایی NPK بود. در ادامه به‌دلیل آزاد شدن تدریجی عناصر کودهای آلی، تیمار ترکیبی کود شیمیایی و آلی باعث افزایش عملکرد شد.

کودهای آلی حیوانی در افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی بهتر از سایر کودهای آلی بودند، احتمالاً به این دلیل که سرعت آزادسازی نیتروژن آن‌ها بیشتر از سایر کودهای آلی بود (Huang *et al*., 2022; Adekiya *et al*., 2020).

جدول ٦- اثر کودهای مختلف آلی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر مجموع عملکرد میوه

Table 6- The effect of different organic and chemical fertilizers and their combination on total fruit yield

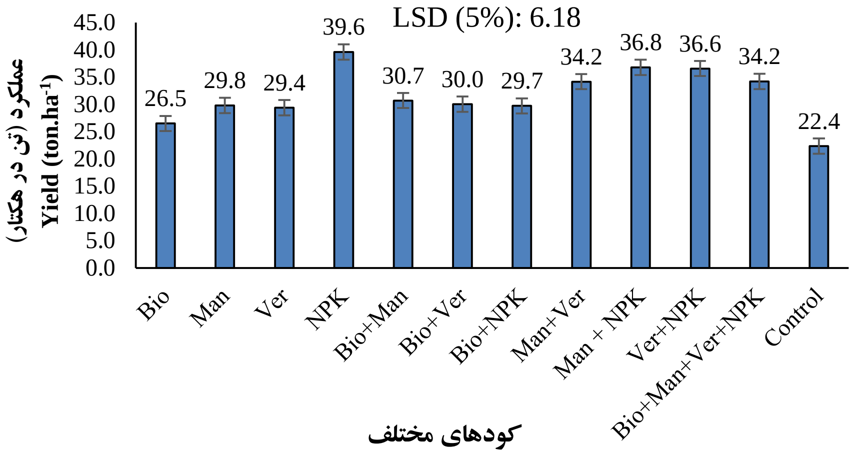
منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (Mean Squares) مجموع عملکرد میوه Total fruit yield
بلوک	2	304^{ns}
کود	11	199**
خطا	22	21.1
C.V.	-	7.9

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

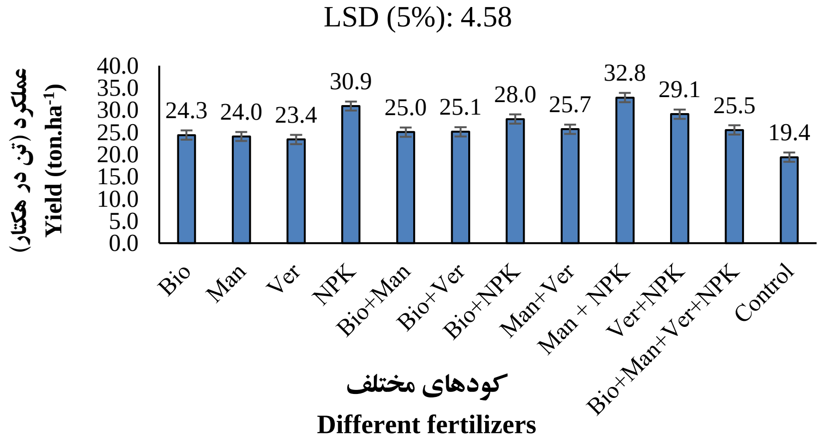
ns, *, **: non-significant, significant at % 0.05 and % 0.01, respectively

کاربرد کودها ساختار جامعه میکروبی خاک، به‌ویژه AOA[1] (باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک) و AOB[2] (آرکی اکسیدکننده آمونیاک) را که در فرآیند نیتریفیکاسیون دخیل هستند، تغییر می‌دهد. استفاده از کودهای آلی به فرآیند هضم کمک می‌کند، در نتیجه نیتروژن و نیترات را بهبود می‌بخشد، آمونیوم را تثبیت می‌کند، تبخیر نیترات را کاهش می‌دهد (Zhang *et al*., 2017) و عملکرد گوجه‌فرنگی را بیشتر بهبود می‌بخشد. همچنین، بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در اثر کاربرد کودهای آلی می‌تواند ناشی از افزایش فراهمی عناصرغذایی در خاک و همچنین بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد که در نهایت افزایش عملکرد را به‌دنبال داشته است (Ebrahimi, Souri, Mousavi, & Sahebani, 2021). از سوی دیگر، نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و از این طریق عملکرد محصولات را افزایش داده‌اند (Cen *et al*., 2020; Ahmad *et al*., 2016).

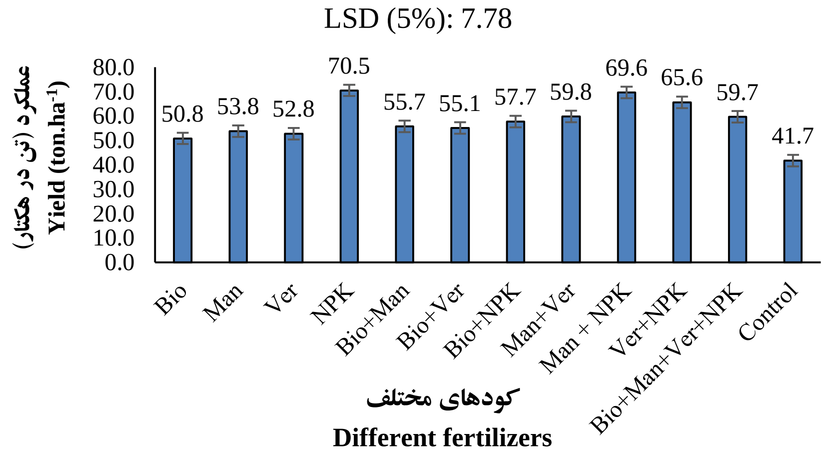
1- Ammonia-Oxidizing Archaea
2- Ammonia-Oxidizing Bacteria



(a) الف



(b) ب



(c) ج

شکل ۱- اثر کودهای مختلف بر عملکرد در چین اول (الف)، چین دوم (ب) و مجموع دو چین (ج)

Figure 1- The effect of different fertilizers on yield in the first harvest (a), the second harvest (b), and the sum of two harvests (c)

شاخص بریکس

تجزیه واریانس صفات برای شاخص بریکس نشان داد در هـر دو چـین، اسـتفاده از کودهـای مختلـف آلـی و شـیمیایی NPK تـأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر روی این صفت داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد استفاده از کودهای آلی به‌صورت جداگانه و ترکیبی در مقایسه با کودهای شیمیایی NPK دارای شـاخص بـریکس بیشـتری بودند. بیشترین میزان این شاخص (به‌ترتیـب ۶/۵۵ و ۷/۱۳) در چین اول و دوم در تیمار ترکیبی کود دامی+ ورمی‌کمپوست بود و نسبت به کمترین میزان این شـاخص کـه در تیمـار شـاهد (بـه‌ترتیـب ۵/۵۹ و ۴/۹۹) مشاهده شد به‌میزان ۱۷ و ۴۳ درصـد دارای شـاخص بـریکس بیشتری بود. بعد از تیمار ترکیبی کود دامـی +ورمـی‌کمپوسـت، کـود ورمی‌کمپوست و کود دامی دارای بیشترین میـزان شـاخص بـریکس (به‌ترتیب ۶/۰۸ و ۶/۰۳) بود. همچـنین اسـتفاده از کودهـای ترکیبـی شیمیایی NPK و کودهای آلی نسـبت بـه اسـتفاده از کـود شـیمیایی NPK دارای شاخص بریکس بیشتری بود (جدول ۵).

نتایج بررسی‌های مختلف نیـز بهبود کیفیت گوجـه‌فرنگـی را در شــــرایط اســــتفاده از انــــواع کودهــــای آلــــی تأییــــد کــــرده است (Harshavardhan *et al*., 2007; Mehnaz & Lazarovits, 2016). بدین‌ترتیب، باتوجه به این‌که شاخص بریکس، به‌عنوان یـک شاخص کیفی مهم در صنایع غذایی محسوب می‌شود، می‌توان چنـین نتیجه گرفت که بهره‌گیری مناسب از کودهای آلی نظیر کود دامـی و ورمـی‌کمپوسـت مـی‌توانـد بـه‌عنـوان یکـی از روش‌هـای مناسـب و اکولوژیک جهت افزایش عملکرد کیفی گوجه‌فرنگی مدنظر قرار گیرد. بر اساس نتایج آزمایش بین کودهای مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص بریکس وجود داشـت، بـه‌طـوری‌کـه کودهـای آلـی دامـی و ورمی‌کمپوست و بیوچار به‌صورت جداگانـه و ترکیبـی باعـث افـزایش شاخص بریکس نسبت به کودهای شیمیایی و شاهد شـد. نتـایج ایـن تحقیق با نتایج ترادا و همکاران (Terada, Dissanayake, Okada, Sanada, & Koshio, 2023) و پلجـرو و همکـاران (Pellejero *et al*., 2021) نیز مطابقـت داشت.

ویتامین ث و لیکوپن

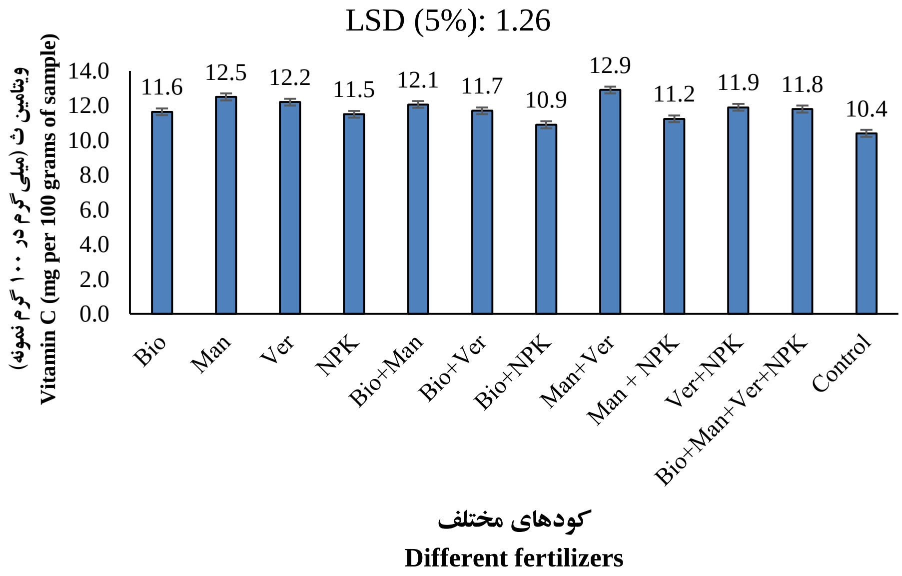
تجزیه واریانس صفات نشان داد در چین اول ($p \leq 0.05$) و چین دوم ($p \leq 0.01$) کودهای مختلـف تـأثیر معنـی‌داری ($p \leq 0.01$) بـر ویتامین ث داشتند (جـدول‌هـای ۳ و ۴). نتـایج نشـان داد اسـتفاده از کودهای آلی به‌صـورت جداگانـه و ترکیبـی در مقایسـه بـا کودهـای شیمیایی NPK دارای ویتامین ث بیشتری بودند. بیشترین میزان ایـن صفت (به‌ترتیب ۱۲/۹ و ۱۱/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) در چـین اول و دوم در تیمار ترکیبی کود دامی+ ورمی‌کمپوست بود و نسبت به کمترین میزان این شـاخص کـه در تیمـار شـاهد (بـه‌ترتیـب ۱۰/۴ و ۶/۱۰) مشـاهده شـد بـه‌میـزان ۲۴ و ۸۷ درصـد دارای ویتـامین ث بیشـتری بـود. در هـر دو چـین، بعـد از تیمـار ترکیبـی کـود دامـی +ورمی‌کمپوست، کود ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۱۱ میلی‌گـرم در ۱۰۰ گرم نمونه) و کود دامی (به‌ترتیب ۱۲/۲ و ۱۰/۷ میلی‌گـرم در ۱۰۰ گرم نمونه) دارای بیشترین میزان ویتـامین ث بودنـد. همچنـین استفاده از کودهای ترکیبی شیمیایی NPK و کودهای آلی نسـبت بـه استفاده از کود شیمیایی NPK دارای ویتامین ث بیشتری بود (شـکل ۲).

تجزیه واریانس صفات برای صفت لیکـوپن نشـان داد در هـر دو چـین، اسـتفاده از کودهـای مختلـف آلـی و شـیمیایی NPK تـأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر روی این صفت داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد استفاده از کودهای آلی به‌صورت جداگانه و ترکیبی در مقایسـه بـا کودهـای شـیمیایی NPK دارای لیکـوپن بیشـتری بـود. بیشترین میزان این صفت (به‌ترتیب ۲/۴۸ و ۲/۲۵ میلـی‌گـرم در ۱۰۰ گـرم نمونـه) در چـین اول و دوم در تیمـار ترکیبـی کـود دامـی+ ورمی‌کمپوست بود و نسبت به کمترین میزان این شاخص که در تیمار شاهد (به‌ترتیب ۱/۳۹ و ۱/۱۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونـه) مشـاهده شد به‌میزان ۷۸ و ۹۴ درصد دارای لیکوپن بیشتری بودنـد. در هـر دو چـین، بعـد از تیمـار ترکیبـی کـود دامـی +ورمـی‌کمپوسـت، کـود ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۲/۳۹ و ۲/۱۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونـه) و کـود دامـی (۲/۳۶ و ۲/۱۳ میلـی‌گـرم در ۱۰۰ گـرم نمونـه) دارای بیشترین میزان لیکوپن بـود. همچنـین اسـتفاده از کودهـای ترکیبـی شیمیایی NPK + کودهای آلی نسبت بـه اسـتفاده از کـود شـیمیایی NPK دارای میزان لیکوپن بیشتری بود (شکل ۳).

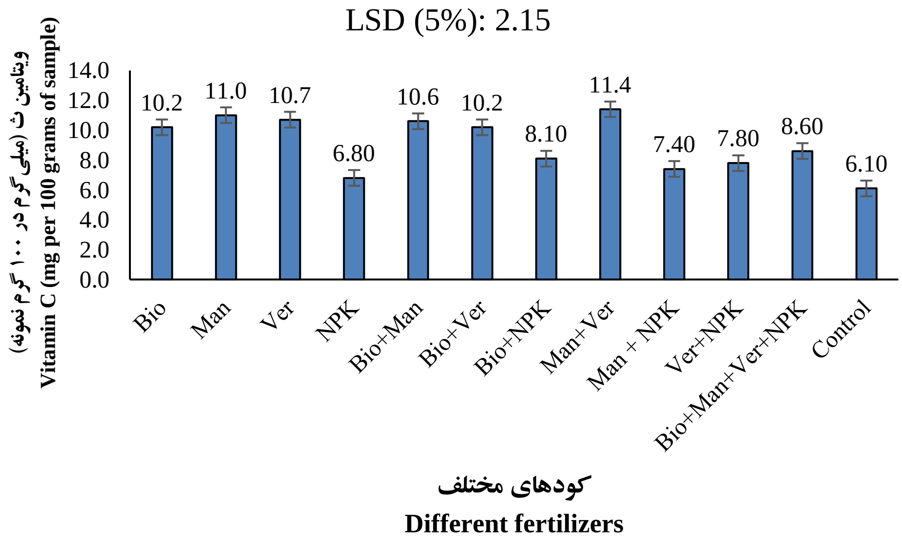
مواد آلی نقش مهمی در حاصلخیزی و عملکرد خاک دارد. عناصر کمیاب موجود در مواد آلی می‌توانند نیازهای میکروارگانیسم‌های خاک را برآورده کنند، فعالیت‌های میکروبی را تقویت کنند، بر تعامل خاک و میکروارگانیسم تأثیر بگذارند (Mostofi & Najafi, 2008) و به‌طـور غیرمستقیم بر کیفیت محصول تأثیر بگذارند. مطالعات مربوطه نشـان داده است که کودهای آلی باعث افزایش مواد آلی خاک می‌شوند و در نتیجه فعالیت بـاکتری‌هـای خـاک بـرای تجزیـه مـواد آلـی خـاک و آزادسازی نیتروژن، فسفر و پتاسـیم را بهبـود مـی بخشـند (Shang, Wan, Zhou, Li, & Li, 2020). چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از انواع مختلف حاصلخیزکننده‌های خاک، به‌دلیل تأثیر مثبت در فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش رشد گیاه و به‌تبع آن بهبـود خصوصـیات کیفی میوه شده است. آدکیـا و همکـاران (Adekiya *et al*., 2022) نیز اثر کودهای آلی را بر شـاخص‌هـای کیفـی گوجـه‌فرنگـی مثبـت گزارش کردند.

همچنین، نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای کود دامـی دارای

لیکوپن بیشتری نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد بود. با توجه به این‌که لیکوپن، به‌عنوان یک کاروتنوئید مهم در گوجه‌فرنگی مطرح است، می‌توان استفاده از کودهای دامی را به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی در جهت بهبود خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی از جمله لیکوپن مد نظر قرار داد. نتایج بررسی‌های مختلف نیز بهبود کیفیت لیکوپن گوجه‌فرنگی در شرایط استفاده از کودهای دامی تأیید کرده است (Bilalis *et al*., 2018; Gao *et al*., 2023).



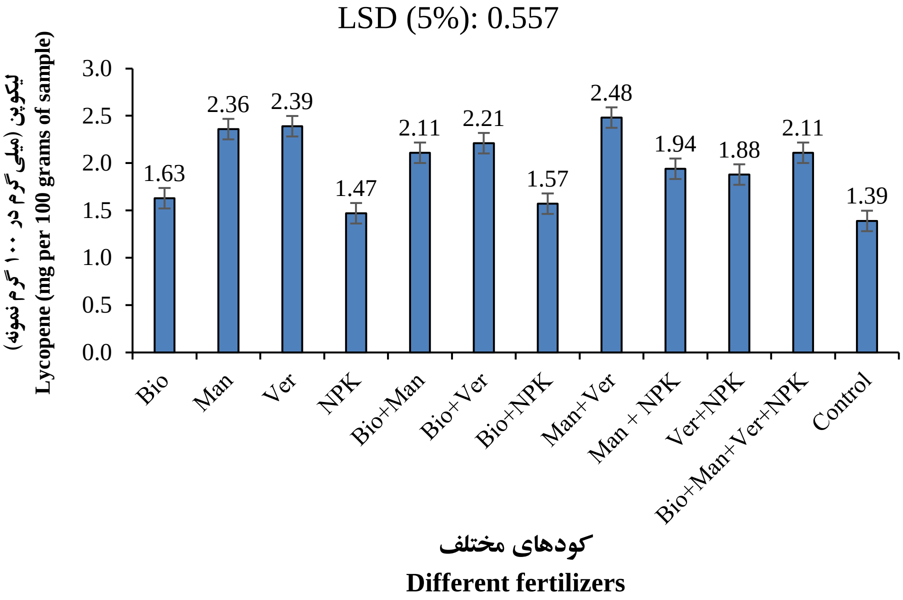
الف (a)



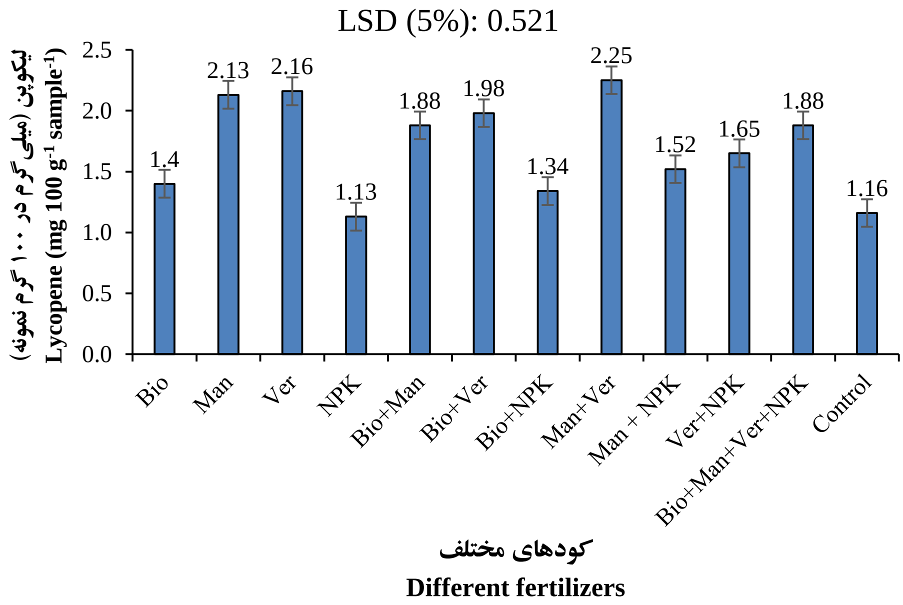
ب (b)

شکل ۲- اثر کودهای مختلف بر میزان ویتامین ث در چین اول (الف) و چین دوم (ب)

Figure 2- The effect of different fertilizers on the amount of vitamin C in the first harvest (a) and the second harvest (b)



(a) الف



(b) ب

شکل ۳- اثر کودهای مختلف بر میزان لیکوپن در چین اول (الف) و چین دوم (ب)

Figure 3- The effect of different fertilizers on the amount of lycopene in the first harvest (a) and the second harvest (b)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در هر دو چین، کود شیمیایی NPK به تنهایی و همراه با کودهای آلی به‌صورت ترکیبی بیشترین اثرگذاری را در قطر، طول و حجم گوجه‌فرنگی داشتند. همچنین، بیشترین میزان عملکرد در چین اول در تیمار کود شیمیایی NPK به‌دست آمد در حالی‌که در چین دوم تیمار ترکیبی کود شیمیایی NPK + کود دامی دارای بیشترین میزان عملکرد بود که می‌توان بیان داشت با آزاد شدن تدریجی عناصر موجود در کود دامی و کاهش عناصر موجود در کود شیمیایی در آخر فصل، تیمار ترکیبی فوق دارای بیشترین میزان عملکرد بود. از سوی دیگر، کودهای آلی به‌صورت ترکیبی و منفرد نسبت به کودهای شیمیایی و شاهد بدون کود دارای خصوصیات کیفی شاخص بریکس، ویتامین ث و لیکوپن بیشتری بود. به‌طور کلی، با کاربرد کود آلی و تلفیق آن با کود شیمیایی می‌توان

بسیاری از خصوصیات کیفی و کمی گوجه‌فرنگی را بهبود بخشید؛ بنابراین با جایگزین نمودن بخشی از کود شیمیایی با کود آلی علاوه بر بهبود عملکرد می‌توان به کاهش مصرف کود شیمیایی به‌عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه کمک نمود و همچنین با استفاده بهینه از کود آلی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار گام برداشت.

References

1. Adekiya, A. O., Dahunsi, S. O., Ayeni, J. F., Aremu, C., Aboyeji, C. M., Okunlola, F., & Oyelami, A. E. (2022). Organic and inorganic fertilizers effects on the performance of tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*) grown on soilless medium. *Scientific Reports*, *12*, 12212. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16497-5
2. Adekiya, A. O., Ejue, W. S., Olayanju, A., Dunsin, O., Aboyeji, C. M., Aremu, C., Adegbite, K., & Akinpelu, O. (2020). Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. *Scientific Reports*, *10*, 16083. https://doi.org/10.1038/s41598-020-73291-x
3. Adesemoye, A. O., & Kloepper, J. W. (2009). Plant-microbes' interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *85*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2196-0
4. Ahmad, A. A., Radovich, T. J. K., Nguyen, H. V., Uyeda, J., Arakaki, A., Cadby, J., & Teves, G. (2016). Use of organic fertilizers to enhance soil fertility, plant growth, and yield in a tropical environment. *Organic Fertilizers-From Basic Concepts to Applied Outcomes*, 85-108. https://doi.org/10.5772/62529
5. Ali, M. M., Anwar, R., Malik, A. U., Khan, A. S., Ahmad, S., Hussain, Z., Ul Hasan, M., Nasir, M., & Chen, F. X. (2022). Plant growth and fruit quality response of strawberry is improved after exogenous application of 24-epibrassinolide. *Journal of Plant Growth Regulation*, *41*, 1786-1799. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10422-2
6. Ali, M. Y., Sina, A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A Review. *Foods*, *10*, 45. https://doi.org/10.3390/foods10010045
7. Bai, M., Suter, H., Lam, S. K., Sun, J. L., & Chen, D. L. (2014). Use of open-path FTIR and inverse dispersion technique to quantify gaseous nitrogen loss from an intensive vegetable production site. *Atmospheric Environment*, *94*, 687-691. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.013
8. Beeby, J., Moore, S., Taylor, L., & Nderitu, S. (2020). Effects of a one-time organic fertilizer application on long-term crop and residue yields, and soil quality measurements using biointensive agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, 67. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00067
9. Bilalis, D., Krokida, M., Roussis, I., Papastylianou, P., Travlos, I., Cheimona, N., & Dede, A. (2018). Effects of organic and inorganic fertilization on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Folia Horticulturae*, *30*(2) 321-332. https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0027
10. Blanco-Canqui, H., & Schlegel, A. J. (2013). Implications of inorganic fertilization of irrigated corn on soil properties: lessons learned after 50 years. *Journal of Environmental Quality*, *42*, 861-871. https://doi.org/10.2134/jeq2012.0451
11. Boudet Antomarchi, A., Boicet Fabre, T., Duran Ricardo, S., & Merino Hernandez, Y. (2017). Effect on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) of different doses of organic fertilizer bocashi under agroecological conditions. *Revista Centro Agricola*, *44*(4), 37-42
12. Cen, Y., Guo, L., Liu, M., Gu, X., Li, C., & Jiang, G. (2020). Using organic fertilizers to increase crop yield, economic growth, and soil quality in a temperate farmland. *Peer Journal*, *19*, 8. https://doi.org/10.7717/peerj.9668
13. Da Costa, P. B., Beneduzi, A., de Souza, R., Schoenfeld, R., Vargas, L. K., & Passaglia, L. M. P. (2013). The effects of different fertilization conditions on bacterial plant growth promoting traits: Guidelines for directed bacterial prospection and testing. *Plant Soil*, *368*, 267-280. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1513-z
14. Ding, X., Han, X., Liang, Y., Qiao, Y., Li, L., & Li, N. (2012). Changes in soil organic carbon pools after 10 years of continuous manuring combined with chemical fertilizer in a Mollisol in China. *Soil and Tillage Research*, *122*, 36-41. https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.002
15. Ebrahimi, M., Souri, M. K., Mousavi, A., & Sahebani, N. (2021). Biochar and vermicompost improve growth and physiological traits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under deficit irrigation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *8*, 19. https://doi.org/10.1186/s40538-021-00216-9
16. Farneselli, M., Tosti, G., Onofri, A., Benincasa, P., Guiducci, M., Pannacci, E., & Tei, F. (2018). Effects of N sources and management strategies on crop growth, yield and potential N leaching in processing tomato. *European Journal of Agronomy*, *98*, 46-54. https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.006
17. Gao, F., Li, H., Mu, X., Gao, H., Zhang, Y., Li, R., Cao, K., & Ye, L. (2023). Effects of organic fertilizer application on tomato yield and quality: a meta-analysis. *Applied Sciences*, *13*, 2184. https://doi.org/10.3390/app13042184
18. Guo, J. X., Hu, X. Y., Gao, L. M., Xie, K. L., Ling, N., Shen, Q. R., Hu, S. J., & Guo, S. W. (2017). The rice production practices of high yield and high nitrogen use efficiency in Jiangsu, China. *Scientific Reports*, *7*, 2101.

https://doi.org/10.1038/s41598-017-02338-3
19. Harshavardhan, P. G., Vasundhara Raviraja, M., Shetty, G., Nataraja, A., Sreeramu, B. S., Chandre Gowda, M., & Sreenivasappa, K. N. (2007). Influence of spacing and integrated nutrient management on yield and quality of essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *BioMed Central*, *2*, 288.
20. Hoffland, E., Kuyper, T. W., Comans, R. N. J., & Creamer, R. E. (2020). Eco-functionality of organic matter in soils. *Plant Soil*, *455*, 1-22. https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9
21. Hu, G. Q., Ma, X. X., Li, X. H., & Wang, H. (2022). Evaluation of organic substitution based on vegetable yield and soil fertility. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, *34*, 162-170. https://doi.org/10.1080/26395940.2022.2064335
22. Huang, L. A., Cheng, S. M., Liu, H. L., Zhao, Z. X., Wei, S. X., & Sun, S. L. (2022). Effects of nitrogen reduction combined with organic fertilizer on growth and nitrogen fate in banana at seedling stage. *Environmental Research*, *214*, 113826. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113826
23. Janusauskaite, D., & Ciuberkis, S. (2010). Effect of different soil tillage and organic fertilizers on winter triticale and spring barley stem base diseases. *Crop Protection*, *29*, 802-807. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.04.002
24. Lam, S. K., Suter, H., Mosier, A. R., & Chen, D. L. (2017). Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N2O emission: A double-edged sword? *Global Change Biology*, *23*, 485-489. https://doi.org/10.1111/gcb.13338
25. Madrid, R., Barba, E. M., Sanchez, A., & Garcia, A. L. (2009). Effects of organic fertilisers and irrigation level on physical and chemical quality of industrial tomato fruit (cv. Nautilus). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*, 2608-2615. https://doi.org/10.1002/jsfa.3763
26. Maguire, V. G., Bordenave, C. D., Nieva, A. S., Llames, M. E., Colavolpe, M. B., Garriz, A., & Ruiz, O. A. (2020). Soil bacterial and fungal community structure of a rice monoculture and rice-pasture rotation systems. *Applied Soil Ecology*, *151*, 103535. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103535
27. Mehnaz, S., & Lazarovits, G. (2016). Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microbial Ecology*, *51*, 326-335. https://doi.org/10.1007/s00248-006-9039-7
28. Mi, W. H., Wu, L. H., Brookes, P. C., Liu, Y. L., Zhang, X., & Yang, X. (2016). Changes in soil organic carbon fractions under integrated management systems in a low-productivity paddy soil given different organic amendments and chemical fertilizers. *Soil and Tillage Research*, *163*, 64-70. https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.009
29. Mohamed, A. S., Shohba, N. E. A., Abou-Taleb, S. A., Abbas, M. S., & Soliman, A. S. (2018). Beneficial effects of Bio-Organic fertilizers as a partial replacement of chemical fertilizers on productivity and fruit quality of Pomegranate trees. *Bioscience Research*, *15*, 4603-4616.
30. Mostofi, Y., & Najafi, F. (2008). *Laboratory and analytical methods in horticultural science*. Tehran University Press. (In Persian).
31. Pellejero, G., Palacios, J., Vela, E., Gajardo, O., Albrecht, L., Aschkar, G., Chrorolque, A., Garcia-Navarro, F. J., & Jimenez-Ballesta, R. (2021). Effect of the application of compost as an organic fertilizer on a tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) produced in the field in the Lower Valley of the Rio Negro (Argentina). *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 10, 145-155.
32. Salehi, B., Sharifi-Rad, R., Sharopov, F., Namiesnik, J., Roointan, A., Kamle, M., Kumar, P., Martins, N., & Sharifi-Rad, J. (2019). Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: an overview. *Nutrition*, *62*, 201-208. https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.01.012
33. Serio, F., Ayala, O., Bonasia, A., & Santamaria, P. (2006). *Antioxidant properties and health benefits of tomato*. In Recent Progress in Medicinal Plants (Search for Natural Drugs); Studium Press: Totnes, U.K. Volume 13.
34. Shang, L., Wan, L., Zhou, X., Li, S., & Li, X. (2020). Effects of organic fertilizer on soil nutrient status, enzyme activity, and bacterial community diversity in *Leymus chinensis* steppe in Inner Mongolia, China. *PLoS One*, *15*(10), e0240559. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240559
35. Simpson, R. J., Oberson, A., Culvenor, R. A., Ryan, M. H., Veneklaas, E. J., Lambers, H., Lynch, J. P., Ryan, P. R., Delhaize, E., & Smith, F. A. (2011). Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant Soil*, *349*, 89-120. https://doi.org/10.1007/s11104-011-0880-1
36. Snapp, S. S., Nyiraneza, J., Otto, M., & Kirk, W. W. (2013). Managing manure in potato and vegetable systems, Extension Bulletin E28-93, Michigan State University. Available at: www.msue.msu.edu
37. Tao, Y., Liu, T., Wu, J. Y., Wu, Z. S., Liao, D. L., Shah, F., & Wu, W. (2022). Effect of combined application of chicken manure and inorganic nitrogen fertilizer on yield and quality of cherry tomato. *Agronomy*, *12*, 1574. https://doi.org/10.3390/agronomy12071574
38. Tei, F., Benincasa, P., & Guiducci, M. (2002). Critical nitrogen concentration in processing tomato. *European Journal of Agronomy*, *18*, 45-55. https://doi.org/10.1016/s1161-0301(02)00096-5
39. Terada, N., Dissanayake, K., Okada, C., Sanada, A., & Koshio, K. (2023). Micro-tom tomato response to fertilization rates and the effect of cultivation systems on fruit yield and quality. *Horticulturae*, *9*, 367. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030367

40. Tilesi, F., Lombardi, A., & Mazzucato, A. (2021). Scientometric and methodological analysis of the recent literature on the health-related effects of tomato and tomato products. *Foods*, *10*, 1905. https://doi.org/10.3390/foods10081905
41. Yanga, L., Zhaoa, F., Changa, Q., Li, T., & Li, F. (2015). Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, *160*, 98-105. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.002
42. Zhang, K. L., Chen, L., Li, Y., Brookes, P. C., Xu, J. M., & Luo, Y. (2017). The effects of combinations of biochar, lime, and organic fertilizer on nitrification and nitrifiers. *Biology and Fertility of Soils*, *53*, 77-87. https://doi.org/10.1007/s00374-016-1154-0